

"UP-HILL" - VERFAHREN ZUR WÄRMEBEHANDLUNG UND ZUR REDUZIERUNG VON EIGENSPANNUNGEN VON AUS EINER LEICHTMETALLSCHMELZE, INSBESONDERE EINER ALUMINIUMSCHMELZE, ERZEUGTEN GUSSTEILEN

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Wärmebehandeln von aus einer Leichtmetallschmelze, insbesondere einer Aluminiumschmelze, erzeugten Gussteilen.

Von im praktischen Einsatz hochbelasteten, aus Leichtmetallen erzeugten Gussteilen werden maximale Festigkeiten gefordert. Dies gilt insbesondere für aus Aluminium gefertigte Zylinderköpfe von Verbrennungsmotoren, die insbesondere bei Dieselmotoren aufgrund der immer höher werdenden Zünddrücke im praktischen Betrieb erheblichen Belastungen ausgesetzt sind.

Hohe Festigkeiten von Leichtmetallwerkstoffen können durch Auswahl einer geeigneten Legierung erhalten werden, die nach dem Vergießen einer Wärmebehandlung unterzogen werden. So besteht beispielsweise bei aushärtbaren Aluminiumlegierungen die Möglichkeit, durch Anwendung einer so genannten T6/T7-Wärmebehandlung das Festigkeitsniveau beträchtlich anzuheben. Das maximale Steigerungspotential besteht dabei dann, wenn die Gusstücke nach einer Lösungsglühbehandlung im Wasserbad abgeschreckt und anschließend warm ausgelagert werden.

Den Vorzügen der Wasserabschreckung steht allerdings der entscheidende Nachteil gegenüber, dass sich insbesondere bei der Abschreckung von komplex geformten Bauteilen hohe Eigenspannungen einstellen können. Diese Eigenspannungen führen dazu, dass das abgeschreckte Bauteil zwar erhöhte Festigkeiten aufweist, dass diese Festigkeiten jedoch durch die durch die Eigenspannungen verursachten Nachteile aufgehoben oder von den Nachteilen gar übertroffen werden.

Um den mit der Abschreckung verbundenen Nachteilen abzuhelpen, ist im Artikel "Uphill quenching of aluminium: rebirth of a little-known process" von T. Coucher, veröffentlicht in Heat Treating/ October 1983, Seite 30 ff., eine thermische Nachbehandlung vorgeschlagen worden, bei der die Gussteile nach dem Abschrecken in ein Bad aus flüssigem Stickstoff getaucht werden, dessen Temperatur bei etwa -196°C liegt. Bei dieser Tieftemperatur werden sie solange gehalten, bis sich in dem Gussteil eine homogene Temperaturverteilung eingestellt hat.

Sobald die homogene Temperaturverteilung erreicht ist, wird gemäß dem bekannten Verfahren das auf Tieftemperatur gekühlte Bauteil plötzlich auf eine hohe Temperatur hochgeschreckt. Für dieses Hochschrecken wird das kalte Bauteil einem heißen Wasserdampfstrahl ausgesetzt oder in ein heißes Wasserbad getaucht.

Durch das Hochschrecken auf die hohe Temperatur wird ein Ausgleich des Spannungsprofils bewirkt, das sich beim Abschrecken des Gussteils eingestellt hat. Dieser Effekt lässt sich dadurch erklären, dass sich beim Abschrecken ausgehend vom Kern des Gussteils in Richtung der Außenbereiche ein abfallender Temperaturgradient aufbaut.

Aufgrund des Bestrebens der Randschicht, sich in Folge der Abkühlung zusammenzuziehen, kommt es dabei zu erheblichen Druckspannungen zwischen den Randschichten und der Kernzone des Gussstücks.

Wird das Gussteil auf Tieftemperatur gekühlt und anschließend plötzlich wieder erwärmt, so erhitzt sich die Randschicht, während der Kernbereich weiterhin kalt bleibt. Da der Kern ihre Ausdehnung behindert, werden die Außenbereiche in Folge der Erwärmung unter Druckspannungen gesetzt, die genau umgekehrt zu den Druckspannungen sind, die sich als Resultat der Abschreckung einstellen. Die plötzliche Wiedererwärmung nach der Tieftemperaturabkühlung stellt als solche folglich eine Umkehr des Abschreckprozesses sowohl hinsichtlich der durchgeführten Maßnahmen als auch hinsichtlich der eintretenden Spannungen im Bauteil dar.

Praktische Versuche zeigen, dass sich mit dem bekannten Uphill-Quenching-Verfahren zwar Gussteile herstellen lassen, deren Eigenspannungen gegenüber lediglich konventionell abgeschreckten Gussteilen verbessert sind. Allerdings erweist sich diese Vorgehensweise insbesondere für die großtechnische Serienfertigung als zu wenig effektiv.

Ausgehend von dem voranstehend erläuterten Stand der Technik bestand daher die Aufgabe darin, ein Verfahren zu schaffen, mit dem sich Eigenspannungen von komplex geformten Gussstücken besonders wirkungsvoll beseitigen lassen und das gleichzeitig kostengünstig und effizient im Rahmen der Serienfertigung einsetzbar ist.

Diese Aufgabe ist ausgehend von dem voranstehend erläuterten Stand der Technik erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Wärmebehandeln von aus einer Leichtmetallschmelze, insbesondere einer Aluminiumschmelze, erzeugten Gussteilen, gelöst worden, bei dem das Gussteil nach einer Glühbehandlung oder aus der Gießhitze abgeschreckt, nach der Abschreckung auf eine Tieftemperatur abgekühlt und im Anschluss an die Tieftemperaturabkühlung plötzlich auf eine hohe Temperatur erwärmt wird, indem es in eine Salzschnmelze eingetaucht wird, deren Temperatur oberhalb der Siedetemperatur von Wasser bei Normaldruck liegt.

Der Erfindung liegt der Gedanke zu Grunde, die nur geringe Hochschreck-Wirksamkeit des im Stand der Technik für diesen Zweck eingesetzten Wasserdampfs durch Verwendung von einer Salzschnmelze für die schnelle Erwärmung zu verbessern. Der Vorteil der erfindungsgemäßen Verwendung von Salzschnmelze besteht darin, dass eine solche Schnmelze auf Temperaturen erwärmt werden kann, die deutlich über dem Siedepunkt von Wasser bei Normaldruck liegen. So lassen sich Salzschnmelzen problemlos auf Temperaturen von 150 °C und mehr erwärmen. So können Salzschnmelzentemperaturen von 250 °C und mehr eingestellt werden, um eine möglichst große Temperaturdifferenz zwischen der Tieftemperatur und der Schnmelzenbadtemperatur zu erreichen.

Ein weiterer Vorteil der Verwendung von Salzschnmelze als Medium zur Wärmeübertragung während des plötzlich erfolgenden Hochschreckens besteht darin, dass der Wärmeübergang zwischen einer Salzschnmelze und dem jeweiligen Gussstück deutlich besser ist als beim Stand der Technik, bei dem das Gussteil lediglich Wasserdampf

ausgesetzt worden ist. Hinzu kommt, dass sich Salzschnelzen trotz ihrer deutlich höheren Temperaturen wesentlich besser beherrschen lassen als Wasserdampf.

Im Ergebnis lässt sich durch das erfindungsgemäß im Salzschnelzenbad erfolgende Hochschracken der zuvor auf eine Tieftemperatur angekühlten Gussteile der für den Erfolg des gesamten Wärmebehandlungsprozesses wesentliche Temperaturgradient deutlich gegenüber dem beim Stand der Technik erreichten verbessern. Ein hoher Temperaturgradient erzeugt eine grundsätzlich höhere Kompensation der nach dem Abschracken im jeweiligen Gussteil vorhandenen Eigenspannungen.

Somit steht mit der Erfindung nicht nur ein kostengünstig und sicher durchführbares Verfahren zum Wärmebehandeln von Gussstücken zur Verfügung, sondern dieses Verfahren führt auch noch zu Gussteilen, die gegenüber den nach dem Stand der Technik produzierten Stücken verbesserte Eigenschaften besitzen. So lassen sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren qualitativ hochwertige Bauteile aus Leichtmetall, insbesondere Aluminium, auch dann erzeugen, wenn diese Gussteile eine besonders komplexe, fein strukturierte Form aufweisen, wie es beispielsweise bei Zylinderköpfen für Verbrennungsmotoren der Fall ist.

Grundsätzlich kann die Erfindung unabhängig davon angewendet werden, wie das jeweilige Gussteil abgeschreckt worden ist. Besonders wirkungsvoll erweist es sich jedoch dann, wenn die Gussteile in an sich bekannter Weise mit Hilfe von Wasser oder einem vergleichbar intensiv wirkenden Abschreckmittel abgeschreckt worden sind.

Im Hinblick darauf, dass möglichst große Differenzen zwischen der Tieftemperatur angestrebt werden, auf die die Gussteile nach dem Abschrecken abgekühlt werden, und der Hochschrecktemperatur des Salzschnmelzenbades, in dem die tiefgekühlten Gussteile hochgeschreckt werden, ist es günstig, wenn die Tieftemperatur weniger als -180°C beträgt. Dies lässt sich dadurch bewerkstelligen, dass das abgeschreckte Gussteil zum Abkühlen auf die Tieftemperatur in flüssigen Stickstoff getaucht wird, welcher bei Normaldruck eine Temperatur von ca. -196°C besitzt.

Eine andere, voranstehend bereits angedeutete Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Salzschnmelze auf mindestens 150°C , insbesondere auf mindestens 250°C erwärmt ist, um die Wirkung der zwischen dem Tiefkühl- und dem Hochschreckbad bestehenden Temperaturdifferenzen zu unterstützen.

Die Salzkonzentration der erfindungsgemäß verwendeten Salzschnmelze beträgt bevorzugt mindestens 98 Gew.-%, damit hohe Badtemperaturen sicher erreicht werden und eine ebenso hohe Wärmeleitfähigkeit der Schnmelze in Bezug auf das jeweils behandelte Gussteil gewährleistet ist. Dabei werden als Salze bevorzugt Nitrate und / oder Chromate, insbesondere Alkali- oder Erdalkalimetallnitrate und -chromate, wie NaNO_3 , KNO_3 oder Na_2CrO_4 .

Praktische Versuche an aus einer AlSi7MgCu0,5 Aluminiumlegierung gegossenen Zylinderköpfen haben die Wirksamkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens eindrucksvoll bestätigt.

Die Zylinderköpfe wurden nach einer vorangegangenen Glühbehandlung von einer 520 °C betragenden Temperatur in Wasser auf ca. 60 °C abgekühlt. Nach einer kurzen Ruhephase an Luft erfolgte eine Tieftemperaturabkühlung in flüssigem Stickstoff bei einer Tieftemperatur von -196 °C. Die Kühlzeit war dabei so lang, dass eine homogene, gleichmäßige Temperaturverteilung in dem jeweiligen Zylinderkopf vorlag. Sobald dieser Zustand erreicht war, erfolgte eine plötzliche Aufheizung auf ca. 240 °C.

Dazu wurden die Zylinderköpfe in ein mehr als 250 °C heißes Salzsammelbad getaucht, das zu 52 Gew.-% aus NaNO_3 , zu 46,4 Gew.-% aus KNO_3 , zu 1,3 Gew.-% aus NO_2 und zu 0,24 Gew.-% aus Na_2CrO_4 bestand. Bei einem ersten Versuchsaufbau wurden die auf diese Weise von der Tieftemperatur auf die hohe Temperatur aufgeschreckten Zylinderköpfe auf Raumtemperatur abgekühlt, in dem sie mit Wasser überspült worden sind. Dies diente dazu, die auf den Zylinderköpfen haftenden Salzreste sicher abzuspielen. In einer zweiten Versuchsdurchführung wurden die aufgeschreckten Zylinderköpfe in deutlich längerer Zeit an ruhender Luft auf Raumtemperatur gekühlt.

Diag. 1 zeigt den Verlauf der Temperatur T der Gussstücke bei der erfindungsgemäßen Wärmebehandlung aufgetragen über die Zeit. Dabei ist der Versuchsaufbau, bei dem die Abkühlung der aufgeschreckten Zylinderköpfe mit Wasser erfolgte mit "Uphill + water" gekennzeichnet, während der Versuchsaufbau, bei dem die abschließende Abkühlung mit Luft erfolgte, mit "Uphill + air" markiert ist.

Durch die Anwendung der erfindungsgemäßen Verfahrensweise konnten die Eigenspannungen der Zylinderköpfe auf ein Maß

reduziert werden, das dem nahe kommt, welches bei konventionellem Vorgehen nur dann erreicht wird, wenn nach der Glühbehandlung nicht in Wasser abgeschreckt, sondern verhältnismäßig langsam an Luft abgekühlt wird.

Diag. 2 zeigt diesen Erfolg des erfindungsgemäßen Verfahrens. Bei Abkühlung an Luft nach der Glühbehandlung werden Eigenspannungen ("Stress") im Bereich von lediglich 21 MPa erreicht. Dieser Wert ist in Diag. 2 durch die Säule "air" dargestellt. Allerdings weisen die nach der Glühbehandlung langsam an Luft abgekühlten Bauteile nur geringe Festigkeiten auf. Erfolgt nach der Glühbehandlung eine Abschreckung in Wasser, so liegt das Niveau der Eigenspannungen bei Zylinderköpfen, die in konventioneller Weise lediglich in Wasser auf 60 °C ohne anschließende Tieftemperatur-Aufschreckerwärmung abgekühlt werden, bei 103 MPa. Der betreffende Wert ist im Diag. 2 durch die Säule "water60" repräsentiert. Erfolgt dagegen nach dem Abschrecken in Wasser die voranstehend erläuterte erfindungsgemäße Wärmebehandlung, so liegen in dem Fall, dass nach dem Aufschrecken auf 240 °C eine Abkühlung mit Wasser durchgeführt wird, Eigenspannungen im Bereich von 42 MPa vor (Säule "uphill + water" in Diag. 2). Eine noch bessere Verminderung der Eigenspannungen wird erzielt, wenn die Zylinderköpfe nach dem Aufschrecken langsam an Luft auf Raumtemperatur gekühlt werden (Säule "uphill + water" in Diag. 2). Die derart in erfindungsgemäßer Weise wärmebehandelten Zylinderköpfe weisen Eigenspannungen von 27 MPa auf und sind somit bei wesentlich höheren Festigkeiten des Gussstücks nur um 6 MPa größer als die Eigenspannungen, die bei reiner Abkühlung an Luft erzielt werden.

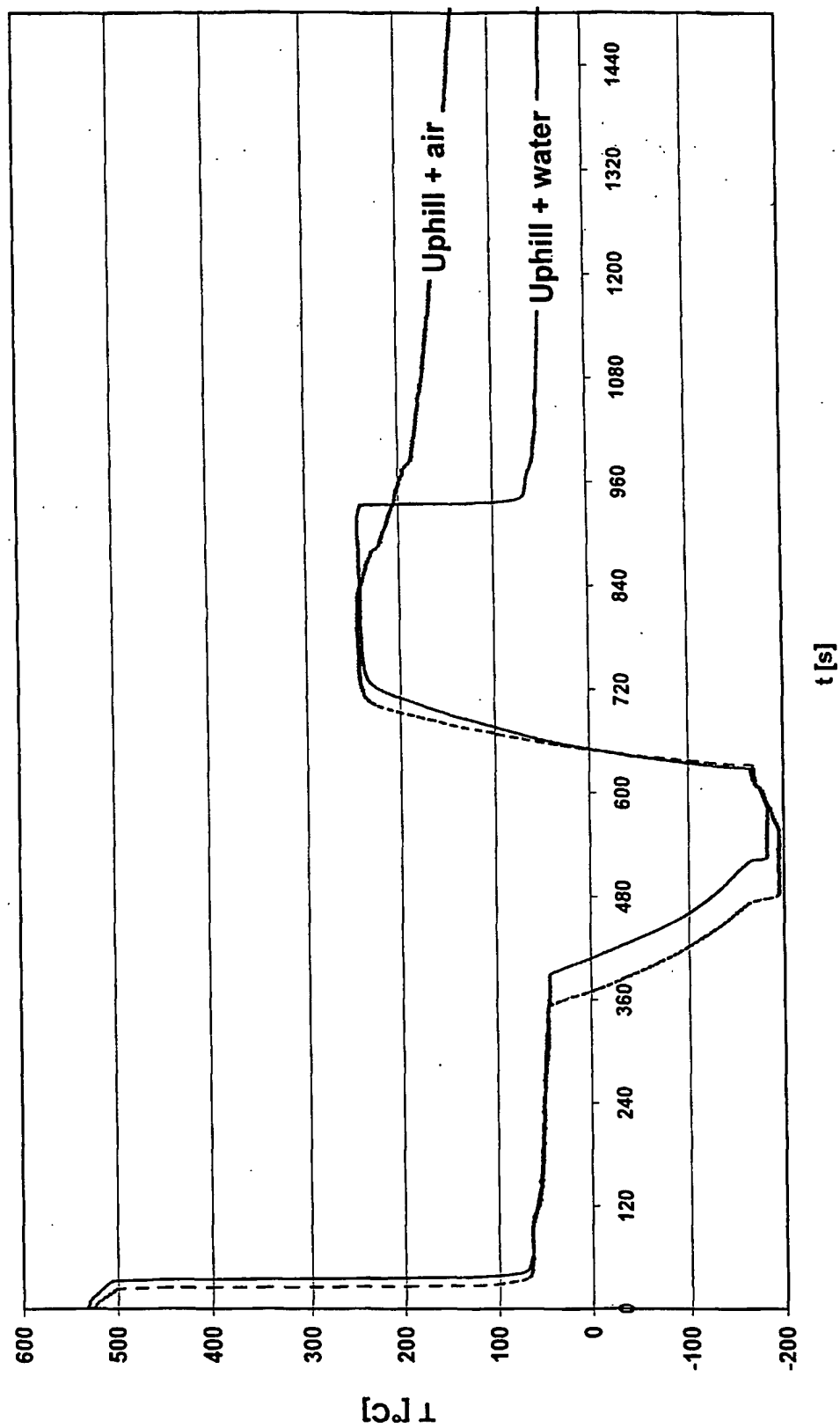
Die Erfindung ermöglicht es somit, die Vorteile einer mit hoher Abkühlrate erfolgenden Abschreckung, nämlich die Steigerung der Festigkeit des jeweiligen Gussteils, zu nutzen, ohne dazu große Eigenspannungen in Kauf nehmen zu müssen. Die erhaltenen Bauteile weisen eine hohe Festigkeit bei gleichzeitig minimierten Eigenspannungen auf und sind dementsprechend auch höchsten Belastungen im praktischen Betrieb gewachsen.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

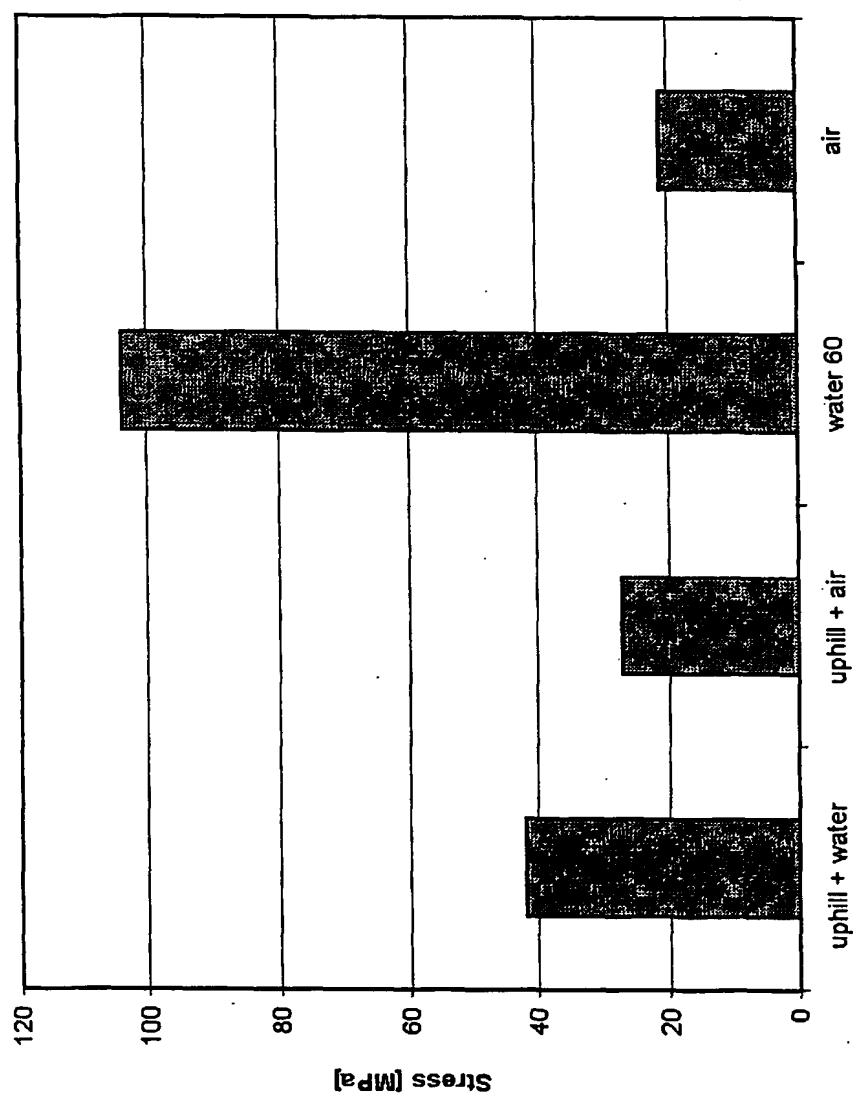
1. Verfahren zum Wärmebehandeln von aus einer Leichtmetallschmelze, insbesondere einer Aluminiumschmelze, erzeugten Gussteilen, bei dem das Gussteil
 - nach einer Glühbehandlung oder aus der Gießhitze abgeschreckt,
 - nach der Abschreckung auf eine Tieftemperatur abgekühlt und
 - im Anschluss an die Tieftemperaturabkühlung plötzlich auf eine hohe Temperatur erwärmt wird, indem es in eine Salzsammelze eingetaucht wird, deren Temperatur oberhalb der Siedetemperatur von Wasser bei Normaldruck liegt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Abschreckung des Gussteils mit Hilfe von Wasser erfolgt.
3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Tieftemperatur weniger als -180 °C beträgt.

4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gussteil zum Abkühlen auf die Tieftemperatur in flüssigen Stickstoff getaucht wird.
5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gussteil so lange bei der Tieftemperatur gekühlt wird, bis seine Kerntemperatur im Wesentlichen gleich der Tieftemperatur ist.
6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Salzschnmelze auf mindestens 150 °C erwärmt ist.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Salzschnmelze auf mindestens 250 °C erwärmt ist.
8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Salzschnmelze eine Salzkonzentration von mindestens 98 Gew.-% aufweist.
9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die als Salze der Salzschnmelze Nitrate und / oder Chromate, insbesondere Alkali- oder Erdalkalimetallnitrate und -chromate, wie NaNO_3 , KNO_3 oder Na_2CrO_4 , verwendet werden.

10. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
es sich bei den Gussteilen um Zylinderköpfe handelt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
es sich bei den Gussteilen um Motorblöcke handelt.



Diag. 1



Diag. 2

[Faint, illegible markings]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2005/003023

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 C22F1/00 C22F1/04 C21D1/46 C21D1/78

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C21D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 968 358 A (PELLMAN ET AL) 6 November 1990 (1990-11-06) the whole document -----	1-11
A	US 2 949 392 A (WILLEY LOWELL A) 16 August 1960 (1960-08-16) the whole document -----	1-11
A	CROUCHER T: "UPHILL QUENCHING OF ALUMINUM: REBIRTH OF A LITTLE-KNOWN PROCESS" HEAT TREATING, XX, XX, no. 10, October 1983 (1983-10), pages 30-32, XP008049588 ISSN: 0017-9345 cited in the application the whole document ----- -/--	1-11



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 July 2005

Date of mailing of the international search report

03/08/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Rischard, M

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1596
1597
1598
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1696
1697
1698
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2005/003023

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	HILL H N ET AL: "THE THERMO-MECHANICAL METHOD FOR RELIEVING RESIDUAL QUENCHING STRESSES IN ALUMINUM ALLOYS" TRANSACTIONS OF THE AMERICAN SOCIETY FOR METALS, XX, US, vol. 52, 1959, pages 657-674, XP008049567 ISSN: 0096-7416 the whole document -----	1-11
A	J.S. ROBINSON, R.L.CUDD D.A. TANNER: "Thermal stress relief in AA2014 and AA7050 forgings" 15TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRODUCTION RESEARCH, ICPR15, 1999, XP002336252 University of Limerick, Ireland abstract -----	1-11

Information on patent family members

PCT/EP2005/003023

15

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 C22F1/00 C22F1/04 C21D1/46 C21D1/78

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 C21D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 968 358 A (PELLMAN ET AL) 6. November 1990 (1990-11-06) das ganze Dokument	1-11
A	US 2 949 392 A (WILLEY LOWELL A) 16. August 1960 (1960-08-16) das ganze Dokument	1-11
A	CROUCHER T: "UPHILL QUENCHING OF ALUMINUM: REBIRTH OF A LITTLE-KNOWN PROCESS" HEAT TREATING, XX, XX, Nr. 10, Oktober 1983 (1983-10), Seiten 30-32, XP008049588 ISSN: 0017-9345 in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-11

-/--



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. Juli 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

03/08/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Rischard, M

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>HILL H N ET AL: "THE THERMO-MECHANICAL METHOD FOR RELIEVING RESIDUAL QUENCHING STRESSES IN ALUMINUM ALLOYS"</p> <p>TRANSACTIONS OF THE AMERICAN SOCIETY FOR METALS, XX, US, Bd. 52, 1959, Seiten 657-674, XP008049567 ISSN: 0096-7416 das ganze Dokument</p> <p>-----</p>	1-11
A	<p>J.S. ROBINSON, R.L.CUDD D.A. TANNER: "Thermal stress relief in AA2014 and AA7050 forgings"</p> <p>15TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRODUCTION RESEARCH, ICPR15, 1999, XP002336252 University of Limerick, Ireland Zusammenfassung</p> <p>-----</p>	1-11

100

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/003023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4968358	A	06-11-1990	KEINE		
US 2949392	A	16-08-1960	GB	898069 A	06-06-1962